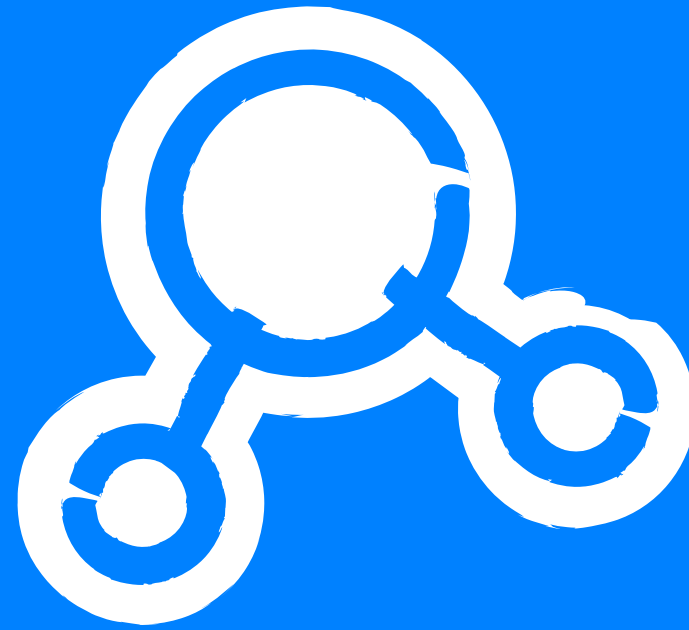




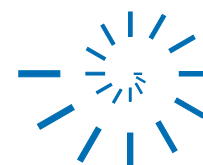
LÖSUNGSBEISPIELE ZUM BEREICH **WASSER → SEQUENZ 2**

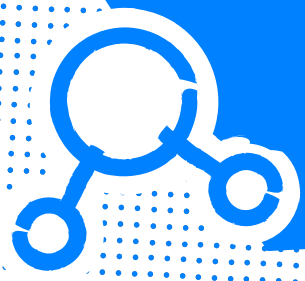
Autor: Eva Kölbach

Herausgeber: Katrin Schüßler, Markus Emden und Elke Sumfleth

Quelle: Kölbach, E. (2011). Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen. Berlin: Logos Verlag

- » **TEIL I:** Wasserläufer am See.....
- » **TEIL II:** Jahreszeitenwandel.....





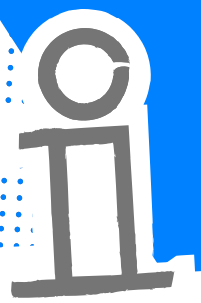
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See



Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes lernst du, dass die Anziehung zwischen Wassermolekülen zu einer gespannten Wasseroberfläche (Oberflächenspannung) führt. Du lernst auch, dass Duschgel die Oberflächenspannung herabsetzt.



EINFÜHRUNG

BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN

TEIL I: Wasserläufer am See



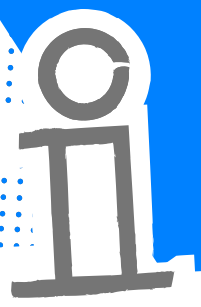
Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?
2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?
3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.



EINFÜHRUNG

BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN

TEIL I: Wasserläufer am See

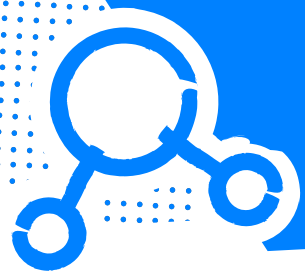


Zum Aufbau des Materials



Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Diese Aufgabe kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösung abspeichern.



Jetzt geht es los mit

TEIL I: Wasserläufer am See

Sven trifft sich im Sommer fast jeden Tag mit seinen Freunden an einem nahegelegenen Badensee.

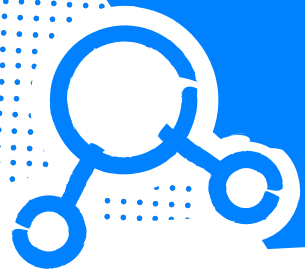
Heute Nachmittag ist er mit seinem Freund Sascha verabredet. Da heute ein ganz besonders heißer Tag ist, halten sich die beiden Jungs fast die gesamte Zeit im Wasser auf. Während des Schwimmens bemerken sie, dass

sich sehr viele kleine Tierchen – sogenannte Wasserläufer – auf der Oberfläche des Sees tummeln. Sven findet es bemerkenswert, dass sich die Wasserläufer auf der Oberfläche des Sees bewegen können ohne unterzugehen. Sascha und er hingegen müssen sich ziemlich abstrampeln und die ganze Zeit in Bewegung bleiben, um nur den Kopf über Wasser halten zu können.

Bevor Sven nach Hause fährt, duscht er sich noch schnell ab. Während er sich einseift, bemerkt er, dass sich auch einige Wasserläufer in der Pfütze vor seinen Füßen befinden. Beim Einseifen tropft etwas von Svens Duschgel in die Nähe eines Wasserläufers. Dieser geht kurz darauf unter. Sven ist durch diese Beobachtung neugierig geworden. Er fragt sich, wieso die Wasserläufer auf der Wasseroberfläche laufen können ohne unterzugehen und ob sein Duschgel den Wasserläufer zum Untergehen gebracht hat oder ob es nur ein Zufall war.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_Strider_on_Lily_Lake_%2815058406212%29.jpg
Katja Schulz, CC-BY-2.0

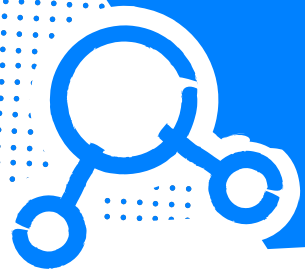


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See



Zu Hause angekommen schaut Sven im Internet nach, findet aber keine verständliche Erklärung für dieses Phänomen; nur, dass es irgendetwas mit Molekülen und Bindungen zu tun hat. Weil Sven aber unbedingt wissen will, was es mit den Wasserläufern auf sich hat, überlegt er seine Schwester Ina zu fragen. Die ist nämlich Biochemikerin. Da Sven aus dem Internet weiß, dass seine Beobachtungen auch irgendwie mit Chemie zu tun haben, hofft er, dass seine Schwester ihm weiterhelfen kann. Am nächsten Wochenende besucht er Ina und bittet sie ihm das mit den Wasserläufern und dem Duschgel am See zu erklären: „Warum können Wasserläufer auf der Wasseroberfläche laufen? Und war mein Duschgel die Ursache dafür, dass der Wasserläufer untergegangen ist?“



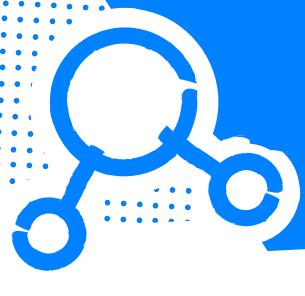
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See



Ina freut sich, dass ihr Bruder so großes Interesse daran hat der Sache auf den Grund zu gehen und hilft ihm daher gerne weiter.

„Wenn wir der Sache auf den Grund gehen wollen“, beginnt sie, „müssen wir mit der *Ursubstanz* beginnen, die für deine Beobachtung verantwortlich ist: Wasser. Vielleicht weißt du aus deinem Schulunterricht schon, dass Wasser aus unzähligen Wassermolekülen aufgebaut ist. Ein einzelnes Wassermolekül wiederum besteht aus den Elementen Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O). Schauen wir uns diese Stoffe doch im Periodensystem der Elemente einmal genauer an und nähern uns dem Wasser so auf chemischer Ebene.“



WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See

Schau mal, „sagt Ina und holt ein Periodensystem aus dem Schrank hervor.“ Wasserstoff (H) steht im Periodensystem der Elemente an erster Stelle. Sauerstoff (O) steht in der zweiten Periode und in der sechsten Hauptgruppe. Beide Felder im Periodensystem sind orange markiert. Alle Elemente, die in orangenen Feldern stehen, gehören zu den Nichtmetallen. Halten wir also fest: Nichtmetalle reagieren miteinander zu sogenannten Molekülverbindungen. Wasser ist also eine Molekülverbindung und hat die Molekülformel H_2O . Aber was sagt uns das genau?

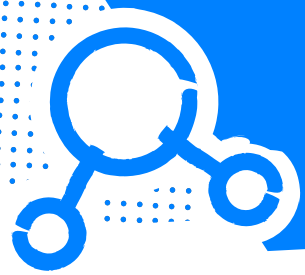
Hauptgruppen-Elemente		Nebengruppen-Elemente								Hauptgruppen-Elemente							
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII B			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII A
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac*	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Uuu	Uub		Uuq				

* Lantanoide und Actinoide sind hier nicht abgebildet

Metalle

Nichtmetalle

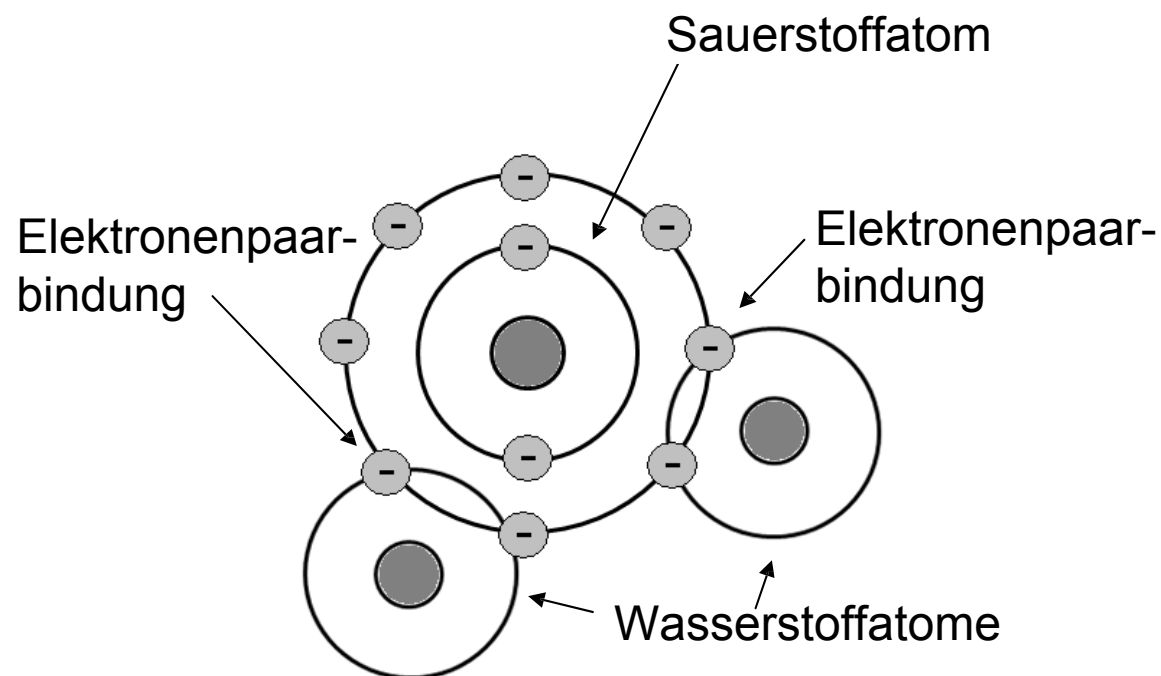
Halbmetalle

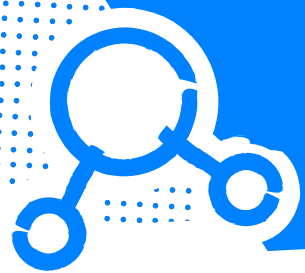


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See

Die Molekülformel H_2O weist darauf hin, dass zwei Wasserstoffatome an ein Sauerstoffatom gebunden sind. Da alle drei Atome als Nichtmetallatome dazu neigen Elektronen aufzunehmen, kommt die Bindung in einem Wassermolekül dadurch zustande, dass sich die Atome ihre Außenelektronen teilen. Wie das aussieht, habe ich dir hier einmal aufgemalt. Du kannst sehen, dass sich das Sauerstoffatom (in der Mitte) mit je einem Wasserstoffatom (rechts und links) je zwei Elektronen, die sogenannten Bindungselektronen teilt. Die entstandene Bindung bezeichnet man als Elektronenpaarbindung. Zwar gehören die Bindungselektronen, beiden Bindungspartnern – also dem Sauerstoffatom und dem Wasserstoffatom – gemeinsam, allerdings sind die Elektronen nicht gleichmäßig zwischen ihnen verteilt. Genau in dieser ungleichen Verteilung liegt der Schlüssel zur Erklärung deiner Beobachtung am See.“



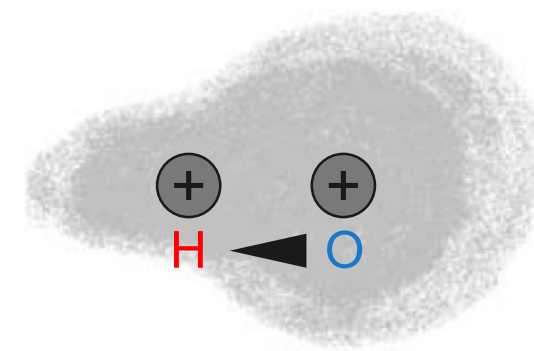


WASSER → SEQUENZ 2

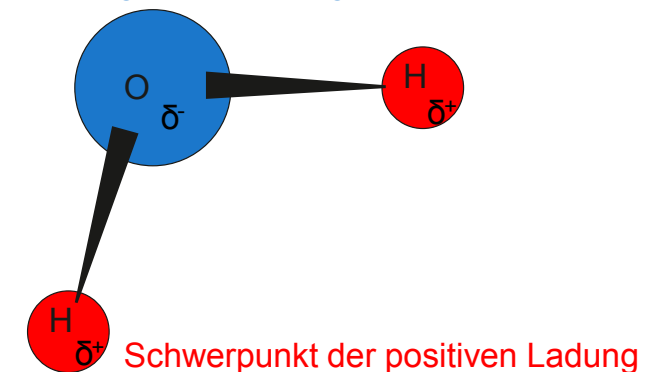
TEIL I: Wasserläufer am See

„Hm, aber warum sind die Elektronen denn nicht gleich verteilt?“, will Sven noch wissen.

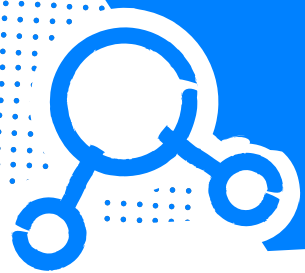
„Nun, Sauerstoffatom und Wasserstoffatome sind zwar beides Nichtmetallatome, sie unterscheiden sich aber in ihrer Tendenz Elektronen an sich zu ziehen“, erklärt Ina. „Die Sauerstoffatome ziehen die Bindungselektronen viel stärker zu sich als die Wasserstoffatome. Chemiker stellen sich die Elektronenverteilung als eine Art Wolke vor. So eine Elektronenwolke habe ich hier einmal exemplarisch für eine O–H–Bindung, wie sie im Wassermolekül vorliegt, aufgemalt. Wie du erkennen kannst, ist die Elektronenwolke deutlich nach rechts zum Sauerstoffatom (O) hin verschoben. Man spricht von einer höheren Elektronendichte im Bereich des Sauerstoffatoms. Durch diese ungleiche Elektronenverteilung und die gewinkelte Struktur eines Wassermoleküls fällt der Schwerpunkt aller positiven Ladungen in einem Wassermolekül nicht mit dem Schwerpunkt aller negativen Ladungen zusammen. Ein Molekül mit einer solchen Ladungsverteilung bezeichnet man als Dipol. Einen Dipol kennzeichnet man, indem man dem Sauerstoffatom – wie auf der Abbildung zu sehen ist – eine negative Teilladung zuschreibt (δ^-) und den Wasserstoffatomen je eine positive Teilladung (δ^+).



Schwerpunkt der negativen Ladung



Aber nun endlich zur Beantwortung deiner Frage: Was hat das Ganze eigentlich mit den Wasserläufern zu tun?



WASSER → SEQUENZ 2

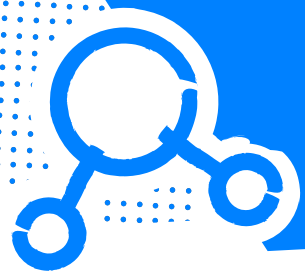
TEIL I: Wasserläufer am See



Nun, in deinem See befindet sich ja nicht nur ein einzelnes Wassermolekül, sondern das Seewasser besteht aus unzähligen Wassermolekülen. Alle Wassermoleküle weisen eine polare Elektronenpaarbindung (ungleichmäßige Verteilung der Bindungselektronen) auf und tragen dadurch unterschiedliche Teilladungen. Die Wasserstoffatome sind formal positiv geladen (denn hier ist die geringere Elektronendichte) und alle Sauerstoffatome sind formal negativ geladen (denn hier ist die höhere Elektronendichte).

Vielleicht weißt du schon, dass sich positive und negative Ladungen anziehen. Das geschieht auch zwischen den Wassermolekülen in dem Badesee und der Pfütze.

Durch die Anziehung üben die Wassermoleküle in dem See eine ständige Wechselwirkung aufeinander aus. Diese Wechselwirkung führt zur Ausbildung einer speziellen Bindung. Vielleicht hast du ja sogar schon einmal etwas davon gehört?“

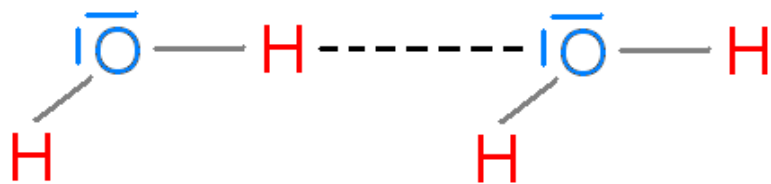


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See

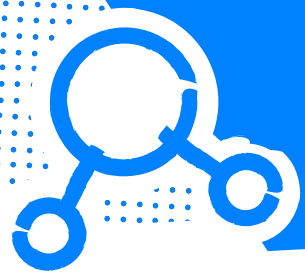


Als Sven mit dem Kopf schüttelt, fährt Ina fort: „Nun, diese spezielle Bindung bezeichnet man als Wasserstoffbrückenbindung. Sie kommt durch die Wechselwirkung der unterschiedlichen Teilladungen der Wassermoleküle zustande. Ich habe versucht, das hier einmal für dich aufzuzeichnen. Du siehst, dass die Bindung dadurch zustande kommt, dass ein freies Elektronenpaar eines Sauerstoffatoms (negative Teilladung) mit einem Wasserstoffatom (positive Teilladung) eines anderen Wassermoleküls in Wechselwirkung tritt. Durch die unterschiedlichen Teilladungen ziehen sich die beiden Wassermoleküle gegenseitig an. Diese Anziehung ist in meiner Abbildung durch die schwarz gestrichelte Linie gekennzeichnet.“



- - - Wasserstoffbrückenbindung
- bindende Elektronenpaare
- freie Elektronenpaare

Man nennt diese Art der Wechselwirkung Wasserstoffbrückenbindung.

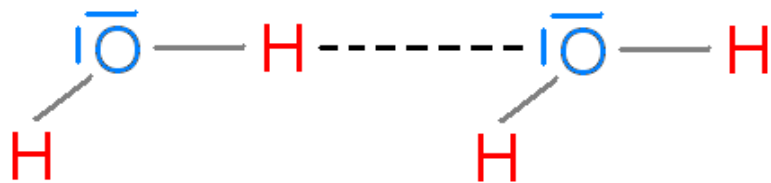


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See

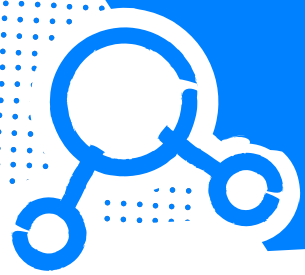


Die Ausbildung der Wasserstoffbrückenbindungen erfolgt zwischen annähernd allen Wassermolekülen des Badesees. Durch die Ausbildung der Wasserstoffbrückenbindungen sind die Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen fünfmal stärker als zwischen Molekülen, die keine Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden können. Genau diese Anziehung sorgt für ein Phänomen, dass man *Oberflächenspannung* nennt.“



- - - Wasserstoffbrückenbindung
- bindende Elektronenpaare
- freie Elektronenpaare

Sven hat nun zwar viele neue Begriffe und Bindungen kennengelernt, versteht aber immer noch nicht, warum Wasserläufer manchmal auf dem Wasser laufen und manchmal nicht. „Was bedeutet nun eigentlich *Oberflächenspannung* für den Badensee?“, fragt er seine Schwester.



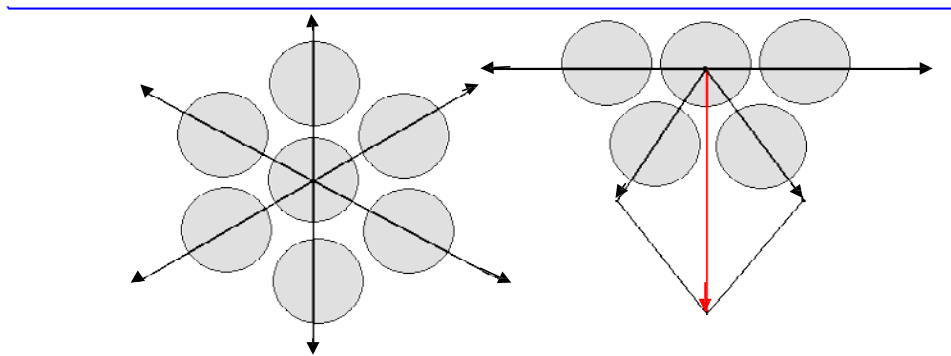
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See



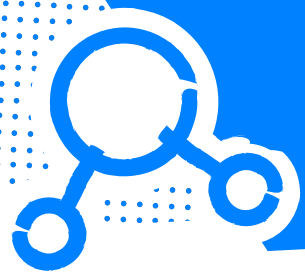
Ina fährt fort: „Wie gesagt, besteht Wasser aus unzähligen – über Wasserstoffbrückenbindungen verbundenen – Wassermolekülen; also auch die Pfütze und der Badesees. Innerhalb des Netzwerks aus Wassermolekülen wird jedes Wassermolekül von den umgebenden Molekülen gleichmäßig stark angezogen.

Wasseroberfläche



Die Moleküle an der Wasseroberfläche der Pfütze und des Sees hingegen erfahren eine ungleichmäßig starke Anziehung, weil an der Oberfläche Wassermoleküle fehlen. Die Gasmoleküle der Luft sind unpolar und wirken dadurch nicht auf die Wassermoleküle. Dadurch entsteht eine stärkere, nach unten gerichtete Kraft. Dies ist in der Abbildung verdeutlicht. Durch diese stärkere Anziehung nach unten krümmt sich die Wasseroberfläche des Sees kugelförmig nach unten; es entsteht eine Spannung, die Oberflächenspannung genannt wird.

Durch diese Spannung kann der Wasserläufer, den du an dem See beobachtet hast, auf der Oberfläche laufen ohne unterzugehen. Wenn aber die Oberflächenspannung durchbrochen wird, geht er unter. An diesem Punkt kommt dein Duschgel ins Spiel.

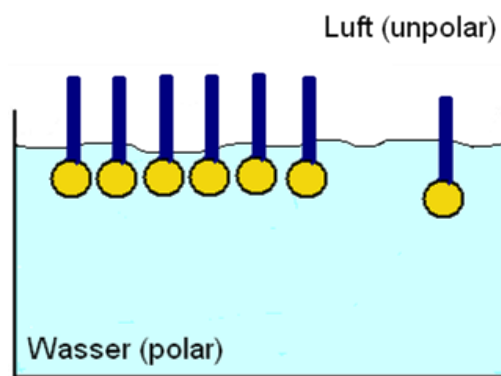


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL I: Wasserläufer am See



Das Duschgel enthält nämlich Teilchen, die dafür sorgen, dass die Oberflächenspannung abnimmt. Das sind die Seifenteilchen.



Seifenteilchen bestehen, bildlich gesprochen, aus einem polaren (hydrophilen) Kopf (gelb) und einem unpolaren (hydrophoben) Schwanz (blau). Fällt ein Tropfen Duschgel auf die Wasseroberfläche, so schieben sich die polaren Köpfchen der Seifenteile zunächst an der Oberfläche zwischen die polaren Wassermoleküle, während die hydrophoben Schwänze aus dem Wasser herausragen, wie du hier auf meiner schematischen Zeichnung sehen kannst. Durch das Zwischenschieben der hydrophilen Köpfchen wird die Spannung der Oberfläche herabgesetzt, da die Anziehungskräfte zwischen den Wassermolekülen verringert werden. Die Spannung reicht nicht mehr aus, um den Wasserläufer zu tragen; daher geht er unter.“



TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Wasserläufer am See



Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) Elektronenpaarbindung

4) Wasserstoffbrückenbindung

2) Polare Elektronenpaarbindung

5) Oberflächenspannung

3) Dipol



TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Wasserläufer am See



1) **Elektronenpaarbindung:**

Bindung, die entsteht, wenn zwei Atome sich zwei Außenelektronen (Bindungselektronen) teilen.

2) **Polare Elektronenpaarbindung:**

ungleichmäßige Verteilung der Bindungselektronen in einer Elektronenpaarbindung. Ein Bindungspartner ist dadurch positiv polarisiert geladen. Der andere Bindungspartner ist negativ polarisiert.

3) **Dipol:**

Molekül, bei dem der Schwerpunkt aller negativen Teilladungen nicht mit dem Schwerpunkt aller positiven Teilladungen zusammenfällt.

4) **Wasserstoffbrückenbindung:**

Anziehung, die durch die Wechselwirkung zwischen einem freien Elektronenpaar eines Sauerstoffatoms (negative Teilladung) und einem Wasserstoffatom (positive Teilladung) entsteht.

5) **Oberflächenspannung:**

Spannung an der Oberfläche des Wassers, die entsteht, weil Wassermoleküle an der Wasseroberfläche nicht mit den unpolaren Molekülen der Luft wechselwirken, so dass eine stärker nach unten gerichtete Kraft entsteht. Sichtbar wird die Spannung an der Oberfläche des Wassers, durch die kugelförmige Krümmung der Wasseroberfläche nach unten.

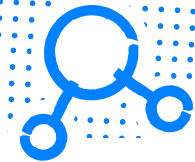


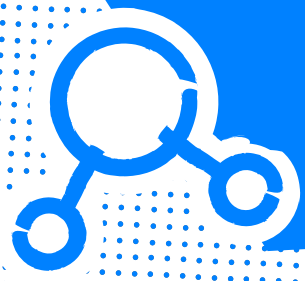


SUPER, DAS WAR TEIL I

Zum nächsten Teil:

» **TEIL II:** Jahreszeitenwandel.....



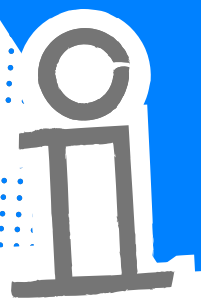


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes lernst du, das Wasser im gefrorenen Zustand eine geringere Dichte hat als im flüssigen Zustand (Dichteanomalie).



EINFÜHRUNG

BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN

TEIL II: Jahreszeitenwandel



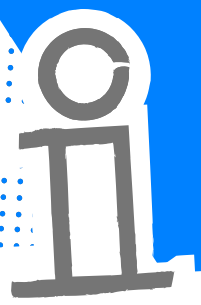
Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?
2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?
3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.



EINFÜHRUNG

BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN

TEIL II: Jahreszeitenwandel

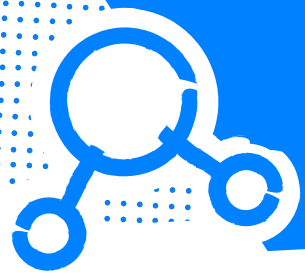


Zum Aufbau des Materials



Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Diese Aufgabe kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösung abspeichern.



Jetzt geht es los mit

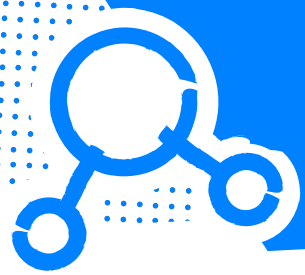
TEIL II: Jahreszeitenwandel

Dieses Jahr war wieder ein herrlicher Sommer. Jonas und seine Freunde waren fast jeden Tag am Badesee, um sich dort mit Schwimmen, Angeln, Grillen und Fußballspielen die Zeit zu vertreiben. Aber nun geht es auf den Herbst zu und draußen wird es langsam immer kühler. Jonas findet es schade, dass die Badesaison nun vorbei ist. Aber der Badesee ist ja schließlich nicht nur zum Schwimmen da. Wasser hat den Vorteil, dass man es in jeder Jahreszeit nutzen kann. Im Sommer zum Schwimmen und im Winter, wenn der See eine dicke Eisschicht aufweist, zum Schlittschuhlaufen. Darauf freut sich Jonas schon sehr. Dass der See im Winter zufriert, ist schon eine tolle Erfindung der Natur, denkt er sich.

Während Jonas weiter über das Eislaufen im Winter nachdenkt, fällt ihm auf, dass es gar nicht so selbstverständlich ist, dass ein See auf seiner Oberfläche zufriert.



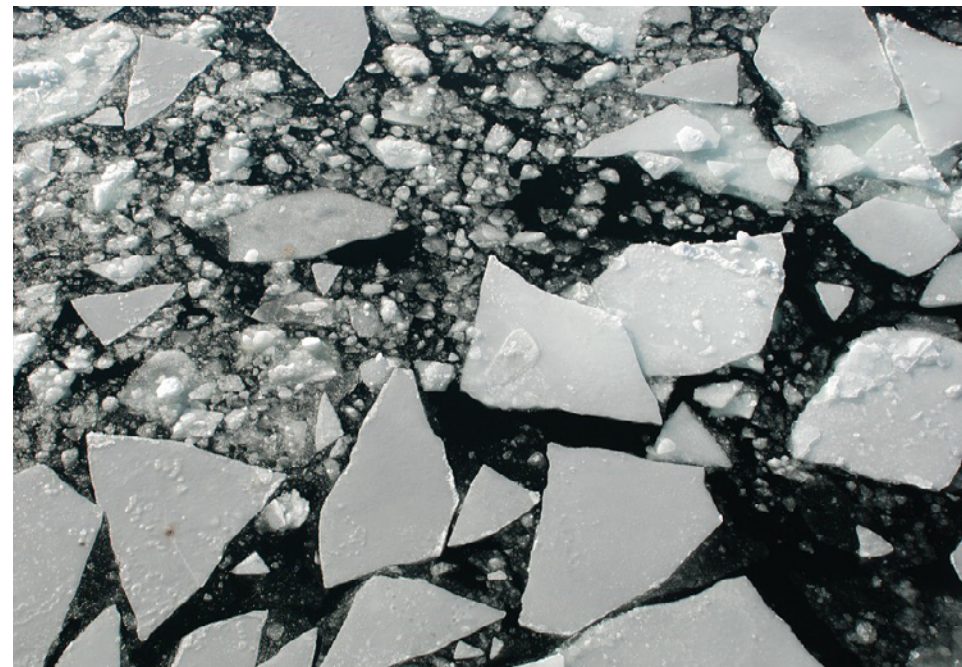
<https://pixabay.com/de/wisconsin-natur-au%C3%9Ferhalb-himmel-77929/>
CC0 Public Domain



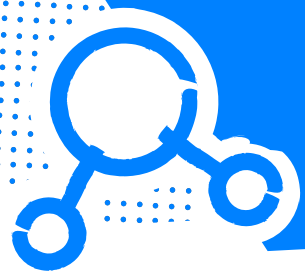
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel

Eis ist schließlich festes Wasser und Feststoffe haben doch sonst immer eine größere Dichte als ihre Flüssigkeiten. Wenn man das berücksichtigt, dann ist das mit dem auf dem Wasser *schwimmenden* Eis wirklich etwas ganz Besonderes. Aber warum genau ist das eigentlich so? Jonas ist so fasziniert von der Frage, dass er beschließt im Internet etwas darüber in Erfahrung zu bringen. Leider findet er aber keine richtig gute Erklärung für dieses Phänomen. Daher ruft er seine Tante Johanna an. Die ist chemisch-technische Assistentin in einem großen Labor, das sich mit den Eigenschaften von unterschiedlichen Flüssigkeiten befasst. Daher sollte sie Jonas bestimmt weiterhelfen können. Schon am nächsten Tag besucht Jonas seine Tante und stellt ihr seine Frage: „Warum friert ein See eigentlich auf seiner Oberfläche zu, während das Wasser darunter noch flüssig ist?“



<https://pixabay.com/de/eis-meer-arktis-ozean-eisschollen-746925/>
CC0 Public Domain

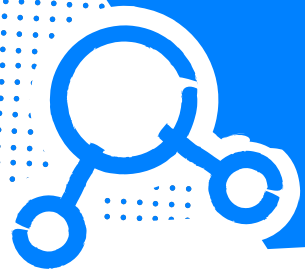


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel



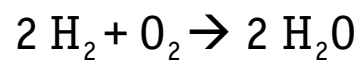
Johanna hilft Jonas gerne weiter. „Hast du schon einmal etwas darüber gehört, dass sich Wasser anomal – also ganz anders als erwartet – verhält?“, fragt sie Jonas. Jonas schüttelt den Kopf. „Nun, wenn man sich einen See im Laufe des Jahres einmal genauer anschauen und dabei die Temperatur des Wassers messen würde, würde man etwas sehr Interessantes feststellen. Das Wasser auf dem Grund des Sees hat im Sommer wie im Winter die gleiche Temperatur, während die Wasserschichten darüber im Sommer wärmer und im Winter kälter sind. Dieses Phänomen ist auf das anomale Verhalten von Wasser zurückzuführen. Um hinter das Geheimnis des Sees zu kommen, müssen wir Wasser auf molekularer Ebene einmal genauer betrachten. In einem Wassermolekül stecken nämlich viele Geheimnisse, die uns in unserem Alltag gar nicht auffallen. Wir halten es für ganz normal, dass ein See auf der Oberfläche zufriert. In Wirklichkeit aber ist das ein ganz erstaunliches Phänomen, welches allein mit der Struktur von Wassermolekülen zusammenhängt. Gehen wir also auf die molekulare Entdeckungsreise von Wasser.“



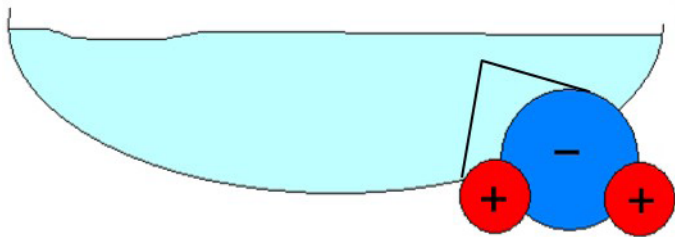
WASSER → SEQUENZ 2

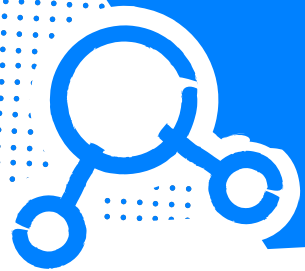
TEIL II: Jahreszeitenwandel

Bevor wir uns die Struktur allerdings genauer anschauen, sollten wir klären, was Wasser chemisch gesehen eigentlich ist. Nun, für Chemiker ist Wasser eine Molekülverbindung, die entsteht, wenn sich zwei Wasserstoffatome mit einem Sauerstoffatom verbinden. Hier habe ich dir die Formel für die Bildung von Wasser einmal aufgeschrieben:



Die Reaktionsgleichung drückt aus, dass immer zwei Wasserstoffatome (H) mit einem Sauerstoffatom (O) zu einem Wassermolekül (H_2O) reagieren. Das, was wir im See als Wasser wahrnehmen, ist chemisch gesehen ein Verbund aus unzähligen Wassermolekülen. Auf dieser Zeichnung hier ist die molekulare Struktur eines dieser Wassermoleküle schematisch dargestellt. Die Wasserstoffatome sind in Rot und das Sauerstoffatom ist in Blau dargestellt. Beschäftigen wir uns nun mit den Atomen, aus denen ein Wassermolekül gebildet wird: den Wasserstoffatomen und den Sauerstoffatomen.



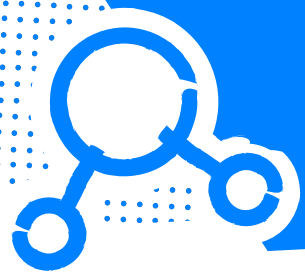


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel



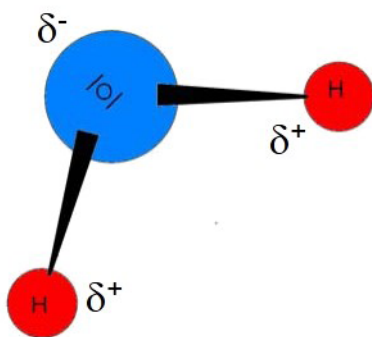
Sowohl Wasserstoff als auch Sauerstoff gehören als Gase zu den Nichtmetallen. Wenn sich Nichtmetalle miteinander verbinden, wird auf der atomaren Ebene eine stabile Elektronenschale (Oktett = 8 Außenelektronen) nur dann erreicht, wenn die Bindungspartner gemeinsame Elektronenpaare bilden. In einem Wassermolekül bildet jedes Wasserstoffatom eine Elektronenpaarbindung mit dem Sauerstoffatom aus. Jedes Atom stellt ein Elektron für die Bindung zur Verfügung. Alle drei Atome erreichen durch die Bildung von Elektronenpaaren die Edelgaskonfiguration. Zoomen wir uns an die Molekülstruktur noch etwas weiter heran und schauen uns nun diese Elektronenpaarbindung einmal etwas genauer an.



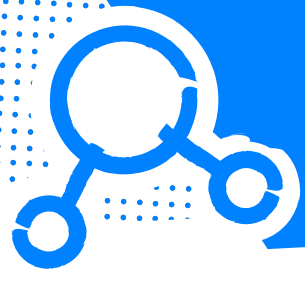
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel

Durch verschiedene Experimente hat man herausgefunden, dass die Elektronen der Elektronenpaarbindungen in einem Wassermolekül nicht gleichmäßig zwischen den einzelnen Atomen verteilt sind. Das Sauerstoffatom hat ein viel höheres Bestreben Elektronen an sich zu binden als die Wasserstoffatome und zieht die Bindungselektronen daher stärker zu sich heran. Aus dieser ungleichmäßigen Aufteilung resultiert eine höhere Elektronendichte am Sauerstoffatom und eine niedrigere Elektronendichte an den Wasserstoffatomen. Wenn du dir Elektronen als negativ geladene Wolken vorstellst, sind diese Ladungswolken im Bereich um das Sauerstoffatom verdichtet. Naturwissenschaftler bezeichnen das Sauerstoffatom (O) – in der Abbildung blau dargestellt – als partial negativ geladen und kennzeichnen es mit einem δ^- -Zeichen. Die Wasserstoffatome (H) – in der Abbildung rot – haben eine geringere Elektronendichte und sind partial positiv geladen. Das drückt dementsprechend das Zeichen δ^+ aus. Moleküle, die eine solche Struktur aufweisen, nennt man Dipole.“



„Ist das denn im Sommer anders als im Winter; also friert der See deshalb von oben her zu?“, will Jonas weiter wissen.



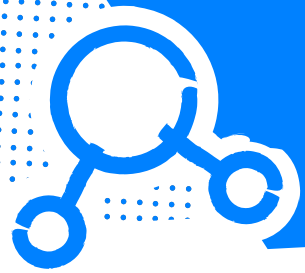
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel



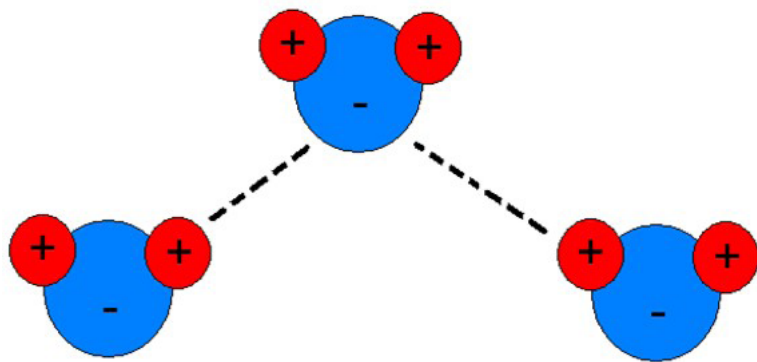
„Nein“, fährt Johanna fort. „Wassermoleküle sind im Winter und im Sommer gleich aufgebaut. Aber genau aus diesem Aufbau resultiert die besondere Eigenschaft von Wasser.“

Wir haben gesehen, dass jedes Wasserstoffatom aufgrund der ungleichmäßigen Aufteilung der Bindungselektronen eine partial positive Ladung und jedes Sauerstoffatom eine partial negative Ladung besitzt. Wie du sicherlich weißt, ziehen sich positive und negative Ladungen an. Im Wasser treten die einzelnen Wassermoleküle daher miteinander in Wechselwirkung. Dabei werden die positiv polarisierten Wasserstoffatome von den freien Elektronenpaaren der Sauerstoffatome anderer Wassermoleküle angezogen.

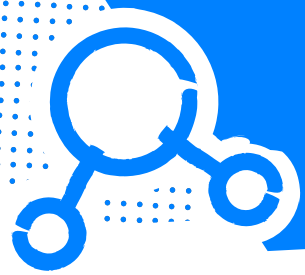


WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel



Durch diese Anziehung entstehen stabile Wechselwirkungen, die als Wasserstoffbrückenbindungen (hier als schwarz gestrichelte Linien dargestellt) bezeichnet werden. In einem See sind alle Wassermoleküle miteinander über Wasserstoffbrückenbindungen verbunden. Das bedeutet, dass die Wassermoleküle im Badeseewasser untereinander in bestimmter Weise *zusammenhalten*. Bleiben wir auf der Ebene der Bindungen und kommen jetzt zu deinem Eis.

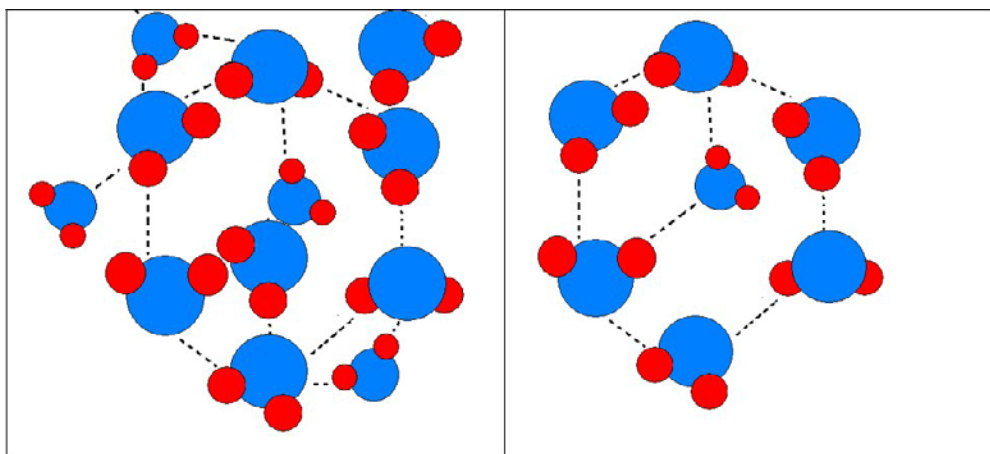


WASSER → SEQUENZ 2

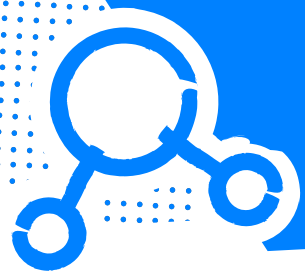
TEIL II: Jahreszeitenwandel



Durch die Ausbildung der Wasserstoffbrückenbindungen ziehen sich die Wassermoleküle gegenseitig an. Durch diese Anziehung sind die Wassermoleküle im flüssigen Zustand dicht aneinander gelagert, wie du auf der linken Abbildung sehen kannst. Wichtig ist, dass sich die Wassermoleküle trotzdem frei bewegen können. Wenn Wasser zu gefrieren beginnt, wird die Bewegung der Wassermoleküle immer weniger und die Moleküle ordnen sich in einem starren Molekülgitter an, dessen Struktur in erster Linie durch die Bindung über die Wasserstoffbrückenbindungen bestimmt wird, wie du auf der rechten Abbildung sehen kannst.



Durch die starre Anordnung der Moleküle im Molekülgitter entstehen zahlreichen Hohlräume im Eis. Durch die Hohlräume hat Eis eine geringere Dichte als flüssiges Wasser. Außerdem dehnt sich Wasser durch die Anordnung in dem starren Molekülgitter beim Gefrieren um $\frac{1}{11}$ seines Volumens aus. Halten wir fest: Wasser hat im gefrorenen (festen) Zustand ein größeres Volumen und daher eine geringere Dichte als im flüssigen Zustand. Das ist auch der Grund dafür, dass Glasflaschen platzen, wenn man sie zu lange im Gefrierschrank liegen lässt. Und nun zurück zum See.



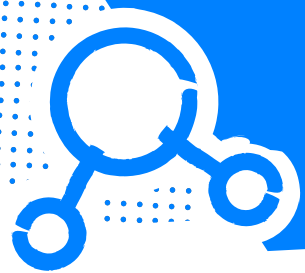
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel



Zu Beginn habe ich dir erzählt, dass das Wasser auf dem Grund des Sees im Sommer wie im Winter gleich warm ist. Das liegt daran, dass nicht nur Eis und Wasser unterschiedliche Dichten haben, sondern auch flüssiges Wasser verschiedene Dichten aufweist. In allen Fällen hat das Wasser auf dem Grund des Sees eine Temperatur von $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei dieser Temperatur hat Wasser nämlich die größte Dichte. Wenn sich das Wasser im Sommer erwärmt, wirken die Anziehungskräfte der Wassermoleküle weniger stark und die Dichte nimmt ab. Das warme Wasser befindet sich daher an der Oberfläche, während sich das $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ kalte Wasser am Grund des Sees befindet. Wenn es dann auf den Winter zugeht, kühlt sich das Seewasser wieder ab. Dann macht auch das Baden keinen Spaß mehr.“

„Und was dann?“, will Jonas wissen.



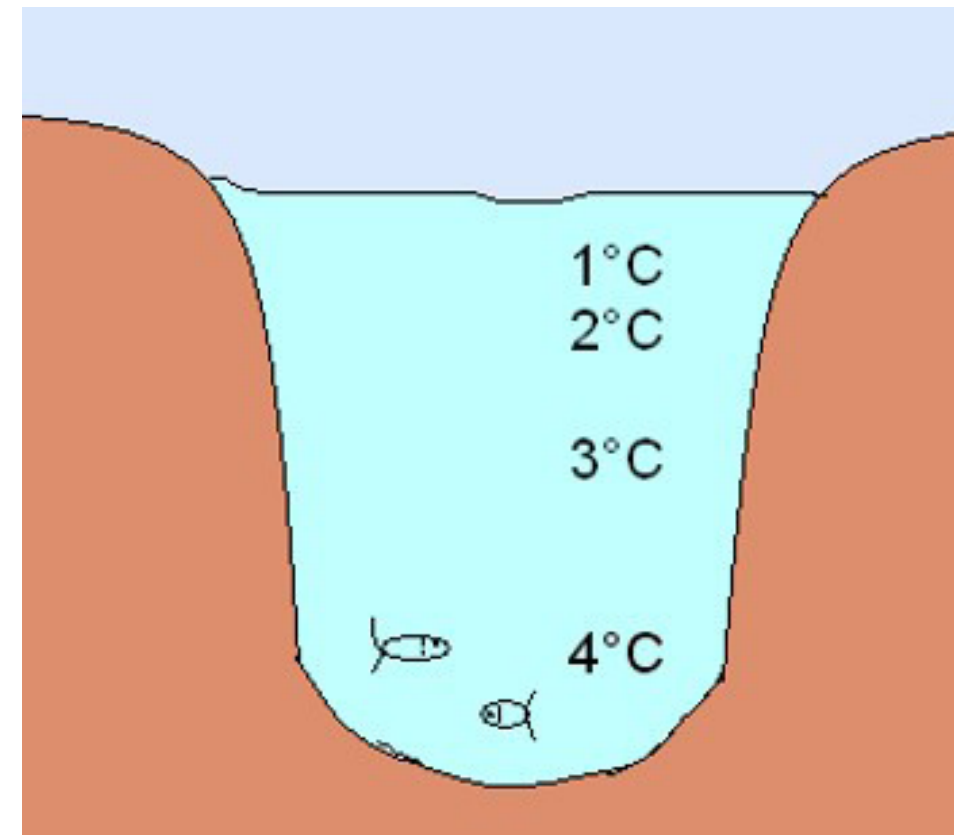
WASSER → SEQUENZ 2

TEIL II: Jahreszeitenwandel

„Das Wasser kühlt sich von der Oberfläche her ab, die Dichte nimmt zunächst zu und das 4 °C kalte Seewasser sinkt wegen der höheren Dichte auf den Grund des Sees herab. Kühlt das Wasser an der Seeoberfläche weiter ab, nimmt die Dichte erstaunlicherweise nicht mehr zu, sondern wieder ab, so dass das jetzt noch kältere Wasser an der Oberfläche bleibt bis sich schließlich eine Eisschicht bildet.

Das Eis selbst hat wegen seiner Gitterstruktur eine geringere Dichte als flüssiges Wasser. Daher schwimmt das Eis auf der Wasseroberfläche des Sees und geht nicht unter.

Diese Dichteanomalie des Wassers ist allein auf die Struktur der Wassermoleküle zurückzuführen. Hätte Wasser eine andere Struktur – besäße also keine polare Bindung – könnte es auch keine Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden. Dann hätte Eis eine größere Dichte als flüssiges Wasser und würde in diesem untergehen. Dann würde der See von unten nach oben zufrieren und du könntest nicht Schlittschuhlaufen. Aber auch die Fische im See würden den Winter nicht überleben.“





TESTE DEIN WISSEN

TEIL II: Jahreszeitenwandel



Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) Dipol

2) Wasserstoffbrückenbindung

3) Dichteanomalie



TESTE DEIN WISSEN

TEIL II: Jahreszeitenwandel



1) **Dipol:**

Molekül, bei dem der Schwerpunkt aller negativen Teilladungen nicht mit dem Schwerpunkt aller positiven Teilladungen zusammenfällt.

2) **Wasserstoffbrückenbindung:**

Anziehung, die durch die Wechselwirkung zwischen einem freien Elektronenpaar eines Sauerstoffatoms (negative Teilladung) und einem polar gebundenen Wasserstoffatom (positive Teilladung) entsteht.

3) **Dichteanomalie:**

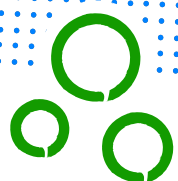
Im Gegensatz zu anderen Stoffen hat Wasser bei 4 °C die größte Dichte. Im gefrorenen Zustand (ab 0 °C) hat Wasser eine geringere Dichte und ein größeres Volumen, so dass Eis auf dem Wasser schwimmt.



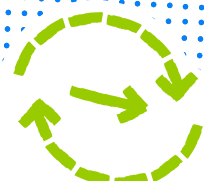


SUPER, DAS WAR SEQUENZ 2

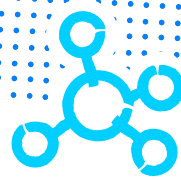
Weitere THEMENBEREICHE:



STOFFE



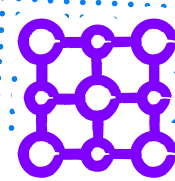
REDOXREAKTION



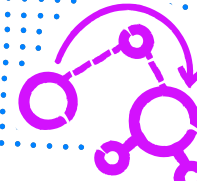
ALKANE



ATOMBAU



SALZE



SÄUREN



MODELL-
VORSTELLUNGEN



ERKENNTNIS-
GEWINNUNG